

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-054403

(43)Date of publication of application : 27.02.1996

(51)Int.Cl.

G01N 37/00  
G01B 21/30

(21)Application number : 06-209266

(71)Applicant : NISSIN ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 09.08.1994

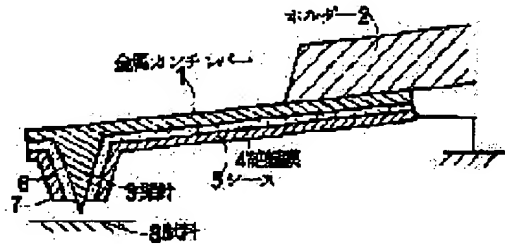
(72)Inventor : KAWAMI HIROSHI

## (54) CONDUCTIVE CANTILEVER STRUCTURE OF COMPOUND MICROSCOPE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To precisely detect change in capacitance between a probe and a sample by forming an insulating film on the rear surface or the whole face of a cantilever and covering its upper part with a metal sheath which is grounded.

CONSTITUTION: The rear end part of a cantilever 1 made of a rectangular metal plate is fixed and bonded to a holder 2. A shape probe 3 is formed at the front end of the cantilever 1. The rear surface of the cantilever 1 is covered with an insulating film 4. The lower part of the insulating film 4 is covered with a sheath 5 made of a metal. SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Si or the like is used for the insulating film, and gold, copper, aluminum, silver or the like is used for the metal. A conical insulating film 6 and a conical metal film 7 are formed into a concentric shape around the probe 3, and the tip of the probe 3 protrudes slightly so as to be situated in a position close to a sample 8. The sheath 5 is grounded. Since the insulating film 4, which is thin, is situated between the sheath 5 and the cantilever 1, a capacitor is formed. In addition, the cantilever 1 is shielded by the sheath 5, a capacitance between it and the sample 8 is extremely small.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-54403

(43)公開日 平成8年(1996)2月27日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 37/00	A			
G 0 1 B 21/30	Z			

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-209266

(22)出願日 平成6年(1994)8月9日

(71)出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72)発明者 川見 浩

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地日新

電機株式会社内

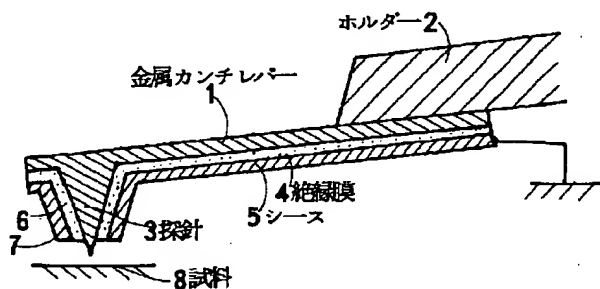
(74)代理人 弁理士 川瀬 茂樹

(54)【発明の名称】 複合顕微鏡の導電性カンチレバー構造

(57)【要約】

【目的】 原子間力顕微鏡と静電容量顕微鏡を合体した顕微鏡を作ろうとすると、センサ部分に導電性のカンチレバーを必要とする。カンチレバーの先端下部に探針を設け、探針と試料との間の静電容量を検出する。しかしカンチレバーの全体、ホルダーの全体を金属にすると、これらと試料の間の静電容量が大きくなり、探針と試料の間の容量変化を検出することができない。探針・試料間の容量変化を正確に測定できるようにすることが目的である。

【構成】 探針を除き導電性カンチレバーの下面、下面と側面或いは全面を絶縁膜で覆い、さらに金属製のシースで絶縁膜を覆う。シースは接地する。カンチレバーとシースの間に大きい容量が発生する。しかしこれは一定値を取り、カンチレバーの撓みなどによらない。カンチレバーと試料間の容量が減少するので、撓みなどのカンチレバーの状態変化による全容量の変動が少なくなる。探針・試料間の容量変動のみを抽出することができる。静電容量顕微鏡としての機能を強化することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも走査型静電容量顕微鏡と原子間力顕微鏡の機能を合体した複合顕微鏡のカンチレバー構造であって、試料に対向するように設けられ先の尖った探針と、探針を先端に取り付けてあり探針と試料原子との間に働く原子間力によって撓む導電性のカンチレバーと、探針を除くカンチレバーの下面または全面に形成された絶縁膜と、絶縁膜の上に形成され接地される金属製のシースとよりなることを特徴とする複合顕微鏡の導電性カンチレバー構造。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は複合顕微鏡のセンサ部として利用される導電性のカンチレバー、ホルダーに関する。ここで複合顕微鏡というのは、次の3種類の顕微鏡を合体したものである。走査型トンネル顕微鏡（STM）、原子間力顕微鏡（AFM）、走査型静電容量顕微鏡（SCAM）の3種類である。これら3つの顕微鏡の機能を結合し、1台の顕微鏡により、試料のさまざまな性質、特性を調べる事ができるようにしたものである。しかし本発明で直接に関係するのは、原子間力顕微鏡と静電容量顕微鏡の二つである。

【0002】 走査型トンネル顕微鏡は、尖った探針を試料に数nmの程度に近づけ試料と探針の間に電圧を印加し、試料と探針の間に流れるトンネル電流を測定し、試料表面の微細な形状や、電子状態を観測する。電流を一定値に保持するようにすれば、試料表面の凹凸の状態を原子レベルで観察する事ができる。検出部は、探針である。鋭く短い金属の針である。たわむ事はない。探針は圧電素子に取り付けられており、上下（Z方向）、水平方向（XY）に動く事ができる。試料と探針の間隔は、0.5nm～1.5nmの程度である。トンネル電流は数nAの程度である。試料を相対移動させて、試料表面の形状を調べるので走査型というのである。

【0003】 走査型静電容量顕微鏡は、導電性の探針を試料に接近させ、探針と試料表面の電荷との間で形成される静電容量を測定し、試料表面の静電容量分布を検出するものである。これもセンサ部は、金属の短い探針である。撓む必要はない。試料面に垂直に電流を流す事ができるから、探針の他の部分と、試料の間に生ずる静電容量は小さくする事ができる。原理図を図2に示す。

【0004】 原子間力顕微鏡は、絶縁性の撓み易い部材を試料に接近させ、この部材と試料原子の間に働く原子間力による部材の撓みを、光学的或いは静電的に検出するものである。片持ちばりであり、よく撓むので、この部材をカンチレバーと呼ぶ。カンチレバーは絶縁性で撓み易いのが条件である。 $Si_3N_4$ 、 $SiO_2$ 、 $Si$ 等のヤング率の低い材料の薄膜を用いる。カンチレバーは、板バネとも、バネともいう人がいる。探針を試料表面に接近させると、試料原子とカンチレバーの先に力が

生じるのでこの力を測定する。電気的な機構を用いないので、カンチレバーは絶縁性でよいのである。カンチレバーの撓みは、レーザ光を当てて反射する光の変位を受光素子によって検出して求める。原理図を図1に示す。

## 【0005】

【従来の技術】 これら3つの顕微鏡は、別々の目的と構造を持つものである。本発明者はこれらの三者を一体に結合した複合顕微鏡を提案している。この場合、試料に対向し試料の状態を検知するものは、探針とカンチレバーの2種類がある。複合顕微鏡とするには、両者の性質を兼ね備える必要がある。そこで本発明者は、カンチレバーの先に短い探針を取り付けた構造のものをセンサに採用する事にした。原子間力顕微鏡は電気的な測定でなく、部材の撓みを検出すれば良いのである。これは光学的に検出する。ところが静電容量と、トンネル電流の場合は、いずれも電気的な信号を必要とする。静電容量を測定するには、高周波電圧を印加して探針、試料間の容量を検出する。トンネル電流の場合は、探針と試料の間に直流電圧を印加して僅かなトンネル電流を測定する。

【0006】 印加する電圧の形態が違うので、同じ探針を同時にふたつの目的に使うことができない。そこで、切り替えスイッチを用いて、高周波電圧と、直流電圧を択一的に印加するようにした。本発明者はこのように3つの顕微鏡機能を合体することに鋭意努力した。もうひとつの問題は、板バネつまりカンチレバーである。原子間力顕微鏡に用いるカンチレバーは絶縁体であり、ヤング率の低い撓みやすい材料を選びやすい。しかしトンネル顕微鏡、静電容量顕微鏡とする場合は、カンチレバーの他に探針を設けるということができないので、カンチレバーの先に探針を付けることになる。

【0007】 探針からの電流を導かなければならない。ためにカンチレバー自体が導電性のものでなければならなくなる。従来のように絶縁物によりカンチレバーを作るという訳にはゆかない。この問題は、原子間力顕微鏡と静電容量顕微鏡を結合することによって初めて生ずる問題である。トンネル顕微鏡を欠いた2種類の複合顕微鏡においてもなお導電性のカンチレバーが必要になる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 導電性のカンチレバーというものはこれまでになかったものである。静電容量顕微鏡を原子間力顕微鏡に結合するために必要性が発生したのである。しかし単に絶縁体を金属にすればよいというようなものでないことが分かってきた。カンチレバーは長い棒状の部材であるが、これを金属にすると、カンチレバーと試料の間にも静電容量 $C_2$ が発生する。探針と試料の間の静電容量 $C_1$ の変化を正確に捕らえる必要がある。試料と探針の距離が短く、試料の電荷分布状態が変化した時に、大きく容量が変化するのは、探針・試料間の $C_1$ である。試料・カンチレバー間の容量 $C_2$ は試料の電荷分布によってあまり変動しない。ところが

カンチレバーと、試料の間に高周波を印加し容量測定する時に、容量の多くは $C_2$ から来る。これは信号 $C_1$ に対するノイズとなる。

【0009】本発明者が作成した原子間力静電容量顕微鏡において、印加電圧を変えて半導体の空乏層の厚みの電圧に対する変化を測定したが、 $-10V \sim +10V$ の印加電圧の範囲で容量の変化を観測することができなかった。これはどうしてか？本発明者はカンチレバー・試料間の容量 $C_2$ が大きすぎて、探針・試料間の容量 $C_1$ の変化を覆い隠しているのであろうと考える。印加する電圧が変動すると、空乏層が増えたり、減ったりする。空乏層が広がると、探針・試料間の容量 $C_1$ が減るはずである。しかしカンチレバー・試料間の容量 $C_2$ が大きいため、信号の変動が分からないのであると考える。

【0010】カンチレバー・試料間の静電容量は、導電性のカンチレバーを採用することにより初めて発生したものである。カンチレバー+探針により、原子間力顕微鏡と、静電容量顕微鏡、トンネル顕微鏡のセンサとするところから、カンチレバーを導電性にしなければならない。導電性のカンチレバーはこれにより初めて登場した

$$E = Q (4\pi\epsilon_0)^{-1} \{ (d-y)^{-2} + (d+y)^{-2} \} \quad (1)$$

である。これを $y$ によって $0 \sim s$ まで積分したものが電圧 $V$ である。

$$V = \int E dy = Q (2\pi\epsilon_0)^{-1} \{ r(2s+r) \}^{-1} s \quad (2)$$

となる。コンデンサとしての容量 $C_1$ は、

$$C_1 = (2\pi\epsilon_0) \{ r(2s+r) \} s^{-1} \quad (3)$$

となる。これは探針と試料（導体面）との間の、静電容量である。

【0015】一例を考える。探針の先が試料と距離 $s = 5 \text{ nm}$ 離れており、探針の先端の曲率半径 $r$ が $0.5 \mu\text{m}$ であるとする。これを(3)に代入すると、 $C_1 = 2.8 \text{ fF}$ である。きわめて小さい値である。次に図4によりカンチレバーと試料（導体面）との間の容量について考える。間隔 $d$ 、面積 $S$ の平行平板電極の容量は、 $\epsilon S/d$ である。無限に広がる導体面の上に距離 $d$ を隔てて存在する導体片（面積 $S$ ）が、導体面との間に作る容量は、同じように $\epsilon S/d$ である。カンチレバーの場合は傾斜しており、一方の端Aは試料に極めて接近しており、他方の（ホルダーに支持される部分）端Bは試料から遠い。斜めの導体が電荷 $+Q$ を有する。試料面を $X$

$$Q = w \int \eta dl = c \epsilon_0 w \int (d+l\theta)^{-1} dl = c \epsilon_0 w \theta^{-1} \log \{ (d+L\theta)/d \} \quad (4)$$

$$c = Q\theta / [w\epsilon_0 \log \{ (d+L\theta)/d \}] \quad (5)$$

【0018】電圧 $V$ は、電界 $E$ を $Y$ 方向に積分したものである。

$$V = - \int E dy = Q\theta / [w\epsilon_0 \log \{ (d+L\theta)/d \}] \quad (6)$$

【0019】静電容量 $C$ は、

$$C_2 = w\epsilon_0 [\log \{ (d+L\theta)/d \}] / \theta \quad (7)$$

これは $\theta$ が $0$ の極限で $\epsilon_0 wL/d$ になる。平板コンデンサの式 $\epsilon_0 S/d$ に合致する。

【0020】 $d$ はカンチレバーと試料の距離である。探

針である。従来、静電容量顕微鏡の場合は小さい探針のみに高周波電圧を印加していたので、その他の部分と試料の間の容量は問題にならなかった。しかしカンチレバーのように面積の広いものを探針の上に取り付けると、カンチレバーと試料間の静電容量が問題になる。

【0011】それでは探針・試料間、カンチレバー・試料間の容量がどのくらいであるのかを評価する。探針の下方は半球状であると仮定する。そこで図3のように、球体（導体球）と無限に広がる導体面（大地）との間の容量を計算する。半球の場合電荷が分布するのは下半分であるから、球が存在するとしても同じことである。図3において、球の半径を $r$ 、球の下端と導体面の距離を $s$ 、球の中心と導体面の距離を $d$ とする（ $d = s + r$ ）。導体面を $XZ$ 面とする。これに直角の方向が $Y$ 軸である。球の中心の座標は（ $0, d, 0$ ）である。この球に $+Q$ の電荷があるとする。導体面を電位 $0$ にするために、鏡像球を考える。（ $0, -d, 0$ ）の位置に $-Q$ の電荷の鏡像球がある。球を結ぶ線状の点 $P$ （ $0, y, 0$ ）での電界強度 $E$ は、（ $\epsilon_0$ は真空の誘電率）

【0012】

【0013】

【0014】

$Z$ 面として鏡像を考える。鏡像は $-Q$ の電荷を持つ。

【0016】実電極と鏡像電極の間に電気力線ができるが、これは真つすぐではなくて円弧状に彎曲する。電極（カンチレバー）の導体面に一番近い端Aでの面との距離を $d$ とする。導体面（ $XZ$ 面）に対する電極の傾き角を $\theta$ とする。電極の端Aからの電極の任意の点Pまでの距離を $l$ とする。これと導体面との円弧電気力線の長さは $(d+l\theta)$ によって与えられる。電界 $E$ は電気力線に沿って一様であると仮定して、 $E(d+l\theta)$ が定数 $c$ になる。また電極近傍の閉空間にガウスの定理を適用して、P点での表面電荷 $\eta$ は、 $\eta = \epsilon_0 E$ である。全電荷 $Q$ は $\eta$ を $l$ により $0$ から $L$ まで積分したものに電極幅 $w$ を掛けたものである。

【0017】

針がほぼ試料に接触する程度に近いので、 $d$ は探針の長さの程度である。一例を考える。カンチレバーの長さ、幅、傾き角、距離を次のように仮定する。 $L = 2.0 \text{ m}$

$m, w=0.3\text{mm}, \theta=10^\circ, d=5.0\mu\text{m}$ . この場合  $C_2 = 64\text{fF}$  となる。

【0021】カンチレバーの方が大きいので、カンチレバーの静電容量が、探針の容量よりもずっと大きい。このために、試料と探針の間の容量が、カンチレバーと試料の間の信号に埋もれてしまう。であるから探針と試料の間にバイアス電圧を加えて、探針と試料間の容量を変化させても、これが容量の変化として検出できない。このような導電性カンチレバーと、試料間の容量を減少させ、カンチレバーの状態変化や、撓みによりカンチレバーの容量成分が変動しないようにしたカンチレバーの構造を提案することが本発明の目的である。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明は、導電性カンチレバーの周り又は下方を金属製のシースによって覆い、シースを接地しカンチレバーとシースの間に生ずる容量を一定とし、シースによって覆われない探針と試料の間の容量の変動を正確に求めることができるようにしたものである。

【0023】

【作用】従来は、カンチレバーと試料の間の容量  $C_2$  が大きいということだけではなく、これの撓みにより、変

$$C = C_1 + C_2 = (K_1 / D_1) + (K_2 / D_2) \quad (8)$$

【0027】バイアス電圧  $V$  の変化  $dV$  による空乏層の

$$dC = dV (dD / dV) \{ (K_1 / D_1^2) + (K_2 / D_2^2) \} \quad (9)$$

【0028】となる。これはカンチレバーが、試料の電荷状態変化を検出するセンサとして機能することを意味している。これだけならカンチレバーの存在はむしろ望ましいのであるが、カンチレバーの撓み、状態変化によ

$$dC = dM (K_2 / D_2^2) (dD_2 / dM) \quad (10)$$

【0030】(9) 式から、バイアス変化による容量変化は厚みの二乗に反比例する。 $C_1$  と  $C_2$  そのものの比よりも、容量変動の比  $(dC_1 / dV)$ 、 $(dC_2 / dV)$  は  $C_1$  の側に大きくなる。しかしそれでも、探針の容量変化  $A = dV (dD / dV) (K_1 / D_1^2)$  が、撓みによる全容量変化 ( $C_2$  からくる)  $E = dM (K_2 / D_2^2) (dD_2 / dM)$  より小さい。このためにバイアス電圧の変化による容量の変化を検知できなかったのである。

【0031】本発明はカンチレバーの下または全周を、接地された導体のシースによって覆う。このためにカンチレバーとシースの間に新たな容量  $C_3$  が発生する。シースによって遮蔽されるために、カンチレバーと試料の間の静電容量  $C_2$  が減少する。探針と試料との間の容量

$$(dC / dV) = (dC_1 / dV) + (dC_2 / dV) \quad (14)$$

【0036】撓みによる容量変化は、

$$(dC / dM) = (dC_2 / dM) \quad (15)$$

【0037】本発明においては、カンチレバーがシースにより静電遮蔽されている。 $C_2$  は極めて小さく  $C_1$  よりも小さい。 $C_2$  は撓み  $M$ 、バイアス電圧  $V$  により変化

動するということが問題であった。探針と試料との容量の時間的変化がカンチレバーの状態変化のために変動するので、試料の電荷状態の変動を正確に反映しないという問題があった。このために、 $C_2$  の時間変動が  $C_1$  の時間変動を打ち消し、 $C_1$  の時間変化に対してノイズとなるのである。

【0024】しかしカンチレバー容量  $C_2$  の全体がノイズであるのではない。試料の空乏層が広がると、試料と探針間の容量  $C_1$  が減る。同様にカンチレバーと試料間の容量  $C_2$  も減少する。コンデンサとした場合の実効的な厚みが増大するからである。つまり試料の状態変化に対してはカンチレバーもセンサとして機能している筈である。どうしてこれがノイズであるのか疑問に思える。この点を明らかにしよう。

【0025】カンチレバーは試料から遠く離れているので、コンデンサとしての実効厚み  $D_2$  が大きいのである。探針と試料間は狭いので、厚み  $D_1$  が小さい。空乏層の厚みが  $10\mu\text{m}$  増大しても、 $D_2$  に対しては僅かである。カンチレバーの実効的な面積を  $K_2$ 、探針の実効的な面積を  $K_1$  とすると、試料と交流電源の間にある全容量  $C$  は、 $C_1 + C_2$  になるので、

【0026】

変化を  $dD$  とすると、 $V$  の変化による全容量の変化は

り容量変動を引き起こす。カンチレバーの撓み  $M$  による全容量の変化は、カンチレバー・試料間容量  $C_2$  の変動のみから来る。これは、

【0029】

$C_1$  は不変である。さらにまたシースと試料の間に容量  $C_4$  が発生する。しかし、試料は直流バイアスがかかっているだけで、交流的には接地されているのと同じことである。 $C_4$  は接地電極間の容量であり、容量測定には現れない。交流電源端子間の全容量  $C$  は

【0032】

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (11)$$

【0033】である。この内カンチレバー・シース間  $C_3$  が最も大きい。しかしこれは一定値である。カンチレバーの撓み  $M$  や、バイアス電圧によって変動しない。

【0034】 $(dC_3 / dM) = 0$  (12)

$$(dC_3 / dV) = 0 \quad (13)$$

【0035】バイアスによる容量の変化は

するが、変化分もわずかである。すると結局、本発明においては、

【0038】

$$(dC / dV) = (dC_1 / dV) \quad (16)$$

$$(dC / dM) = 0 \quad (17)$$

【0039】が成り立つことになる。(17)は、カンチレバーの撓みは容量変化に影響を及ぼさないということである。(16)は探針・試料間の容量変化が、交流電源の両端から見た容量の変化に等しいということを意味している。

#### 【0040】

【実施例】探針を除き、カンチレバーの一部または全部を接地されたシースにより覆う。シースとカンチレバーの距離が一定であるので、カンチレバーと接地電位との間の容量の大部分を一定値にすることができる。

【0041】【実施例1】このような例を図5～図7によって説明する。これはカンチレバー自体を金属板にして、これの下方に絶縁体を介して金属のシースを設けたものである。金属製の長方形金属板のカンチレバー1の後端部は、ホルダー2に固着される。金属製カンチレバー1の前端には、尖った探針3が形成される。カンチレバー1の下面には、絶縁膜4を被覆してある。絶縁膜4のさらに下方には、金属製のシース5が被覆してある。絶縁物は $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Si}$ などである。金属は金、銅、アルミ、銀などである。これらの金属を多層膜にすることもできる。探針3の周りには、円錐形の絶縁膜6と円錐形の金属膜7が同心円錐状に設けられる。探針3の先端が僅かに突出している。探針3の先は試料8に接近した位置にある。シース5は接地される。

【0042】シースと導電性カンチレバーの間に薄い絶縁膜があるので、シース・カンチレバーの間にはコンデンサが形成される。絶縁層の厚みは不変である。従って、このコンデンサの容量は不変である。シースにより、カンチレバーがシールドされるので、カンチレバー・試料間の容量 $C_2$ が極めて小さくなる。

【0043】バイアス電圧は、接地電位と、試料8の間にかけられる。容量測定のための交流電圧は、ホルダー、カンチレバー、探針の組と、アース間に印加される。試料には直流のバイアスがかかっているが、交流的には接地電位と同じである。すると、交流電源の両端から見た容量 $C$ は、探針・試料間 $C_1$ 、カンチレバー・試料間 $C_2$ 、カンチレバー・シース間 $C_3$ の和になる。 $C = C_3 + C_2 + C_1$ である。 $C_3$ はこのうち一番大きい。これはカンチレバーの撓みなどに無関係で一定である。従って容量変化を観察する場合 $C_3$ は現われない。

【0044】カンチレバーの撓みに依存する $C_2$ は極めて小さい値になっている。容量変化には殆ど影響を及ぼさない。 $C_1$ が相対的に重みを増す。容量変化だけを見るならば、 $C_1$ の変化が最も強く現われる。探針・試料間の容量変化を正確に検知することができる。試料表面の電荷分布、空乏層の広がりなどを検出することができる。

【0045】【実施例2】図8、図9により他の実施例を説明する。絶縁体でカンチレバーの主体を形成し、これに金属皮膜を付けて導電性を付与したものである。

これは絶縁物によりカンチレバーの主要部を作るので、より弾性率を低くすることができる。

【0046】図において、絶縁性カンチレバー10の下面と側面には、金属膜11が被覆してある。金属膜11と、絶縁物10が導電性カンチレバーを構成する。カンチレバーの金属膜11が後端において、ホルダー14に接続される。ホルダー14は、カンチレバーを機械的に支持するだけでなく、カンチレバーを電氣的にも外部回路と接続するのである。図8ではカンチレバーの金属部分とホルダーが接触していないが、これが中央縦断面だからである。側面において金属膜11とホルダー14が接触している。

【0047】金属膜11の下面と側面には、絶縁膜12がある。これの下面と側面には金属膜よりなるシース13がある。シース13は接地される。探針の部分は、円錐状絶縁体15とこれを囲む円錐状金属膜16がある。これが組合わさって探針17となる。探針17の外側には円錐状絶縁体18がある。これは平面部の絶縁膜12につながっている。円錐状絶縁体18の外側には円錐状金属膜19がある。これはシースの一部分である。ホルダー14は金属膜11につながり、これに容量測定用の交流電圧が印加される。金属膜11とシース13の間にはコンデンサ $C_3$ ができる。絶縁膜12が十分に薄いので容量が大きい。しかし容量は一定である。カンチレバーの撓みにより $C_3$ が変動しない。 $C_3$ の時間変化はない。

【0048】カンチレバーの金属膜11が、シース13によって電氣的に遮蔽されるので、カンチレバー・試料間の容量 $C_2$ が極めて小さくなる。 $C_2$ はカンチレバーの撓みにより著しく変動するはずであるが、絶対値が小さいので容量変化分としては僅かなものである。結局、探針・試料間の容量 $C_1$ の変化を的確に観測することができるようになる。

#### 【0049】

【発明の効果】導電性のカンチレバーを、金属シースにより囲み、カンチレバーと試料間の浮遊容量を大きく減少させることができる。カンチレバーと接地電極との間の容量は増加するが、これが一定になる。探針と試料との間の容量は小さいが、試料の電荷状態の変化に対して追従して変化する。出力の変化分を観測するので、探針と試料間の容量変化のみが現われる。バイアス電位を変えることによる、試料の電荷分布、空乏層の厚みの変化などをよりの確に検知することができる。

【0050】実際、シースのないカンチレバーの場合、 $-10\text{V} \sim +10\text{V}$ のバイアスの変化に対して、電源・試料間の容量変化を検知できなかった。つまり数十nmの空乏層の厚み変化を検知できない。しかし図5～図7、図8～図9のようなシース構造をとることにより、バイアス電圧の変化に対応して容量変化を認めることができた。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】原子間力顕微鏡の測定原理図。

【図2】静電容量顕微鏡の測定原理図。

【図3】平面導体に対向する球が持つ容量を計算するための説明図。

【図4】平面導体に対向する長方形板が持つ容量を計算するための説明図。

【図5】本発明の実施例に係り、金属製のカンチレバーの下に絶縁膜を介して金属製のシースを設けたものの縦断面図。

【図6】図5と同じ実施例にかかるカンチレバーの側面図。

【図7】図5、図6のカンチレバーの探針の近傍の下方から見た斜視図。

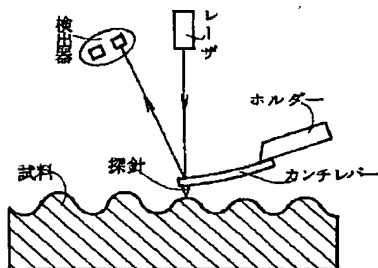
【図8】本発明の他の実施例に係り、絶縁体の表面に金属を被覆したカンチレバーの下半を、シースで覆ったものを示す縦断面図。

【図9】図8のX-X断面図。

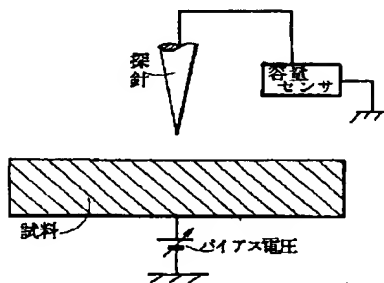
【符号の説明】

- 1 金属のカンチレバー
- 2 ホルダー
- 3 探針
- 4 絶縁膜
- 5 シース
- 6 円錐状絶縁膜
- 7 円錐状金属膜
- 8 試料
- 10 絶縁性カンチレバー
- 11 金属膜
- 12 絶縁膜
- 13 シース
- 14 ホルダー
- 15 円錐状絶縁体
- 16 円錐状金属膜
- 17 探針
- 18 円錐状絶縁膜
- 19 円錐状シース

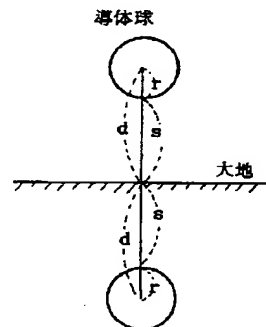
【図1】



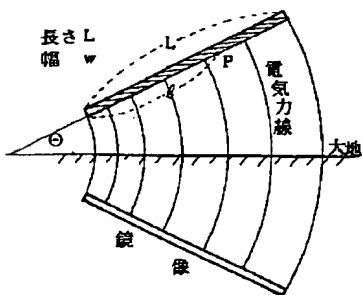
【図2】



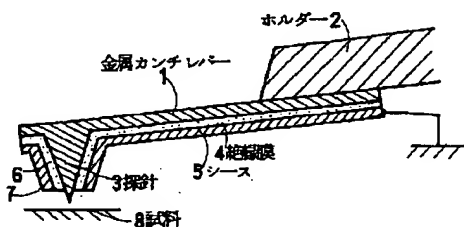
【図3】



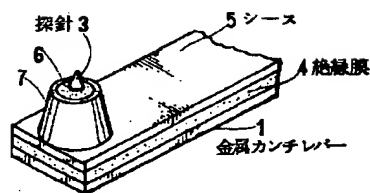
【図4】



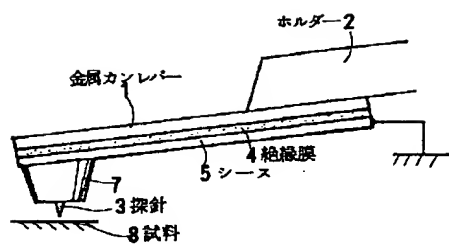
【図5】



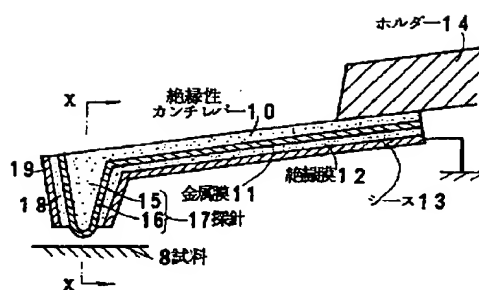
【図7】



【図 6】



【図 8】



【図 9】

